

Berechnung der Volumina von ovoïden Gefäßen mit spitzem bzw. flachem Boden:
ein neuer Ansatz

Von Kathrin Butt und Eva-Maria Engel*

In den 1960er Jahren begann die Archäologie, aus ihrem Dasein als Lieferant dekorativer Museumsobjekte und, zumindest in Ägypten, eindrucksvoller architektonischer Hinterlassenschaften herauszutreten. Unter dem Einfluss einer immer mehr technisierten Umwelt hielten auch in die Archäologie Techniken und Methoden Einzug, die der Messbarkeit und damit Nachprüfbarkeit der archäologischen Ergebnisse dienen sollten. Als besonders dankbare Objektgruppe bot sich hierzu wegen ihrer großen Verbreitung und guten Haltbarkeit die bis dato fast gänzlich vernachlässigte Keramik an, an der die Bearbeiter nun das Potential neuer Methoden demonstrieren konnten: Während in der Anfangsphase archäologischer Tätigkeiten der Fokus auf vollständig erhaltenen Gefäßen lag, wurden nun auch kleinste Scherben nicht nur aufgehoben, sondern auch dokumentiert und ausgewertet. Dieser Aufwand zahlte sich tatsächlich aus: Keramik war dank ihrer Formbarkeit im ungebrannten und Haltbarkeit in gebranntem Zustand ein in allen ägyptischen Epochen gern verwendeter Werkstoff, der funktionalen Erfordernissen wie dekorativen Moden angepasst wurde und daher heute Aussagen zu Datierung, regionalen Entwicklungen, Handelsbeziehungen und anderen kulturellen Fragen erlaubt. Dazu werden im Laufe der Bearbeitung verschiedenste Maße genommen, der genaue Werkstoff inklusive seiner Inhaltsstoffe identifiziert, Herstellungsspuren dokumentiert sowie die Farbe und Härte bestimmt¹.

In der Vergangenheit bestand eine wichtige Funktion der Keramik in ihrem Gebrauch als Aufbewahrungsbehälter. Die stabile Wandung schützte den Inhalt, häufig Nahrungsmittel, vor Nagetieren und anderen Schädlingen, unterschiedliche Arten der Oberflächenbehandlung mo-

* Wir danken Günter Dreyer für die Möglichkeit, mit dem Material zu „experimentieren“ sowie Anke Ilona Blöbaum und Ines Köhler für ihre enthusiastische Unterstützung in Abydos. Ebenfalls vor Ort lieferte Gad Mohammed dankenswerter Weise einen entscheidenden Hinweis für das Gelingen des empirischen Messverfahrens. Jan Graefe sichtete in Münster die ur- und frühgeschichtliche Literatur nach weiteren Berechnungsmodellen; ihm gebührt hierfür unser uneingeschränkter Dank.

¹ Als Beispiele sei nur auf einige archäologische Handbücher verwiesen: Martha Joukowski, *A Complete Manual of Field Archaeology. Tools and Techniques of Field Work for Archaeologists*, New York 1980, S. 332-401 oder auch der „Klassiker“ der Keramikbearbeitung schlechthin: Anna O. Shepard, *Ceramics for the Archaeologist*, Washington 1957; Clive Orton/Paul Tyers/Alan Vince, *Pottery in Archaeology*, Cambridge 1993. In der Ägyptologie haben sich seit Jahrzehnten neben Monographien mit dem *Bulletin de liaison du groupe international d'étude de la céramique égyptienne* und den *Cahiers de la céramique égyptienne* einige Reihen etabliert, die sich auf Fragen keramologischen Inhalts spezialisiert haben.

diffizierten die Gefäße für die Aufbewahrung von trockenen oder flüssigen Inhalten. Die Produktion der Gefäße war spezialisiert und bereits früh vereinheitlicht². Dabei ging es bald offensichtlich nicht nur darum, dass die Form den Inhalt spezifizierte, sondern vermutlich auch darum, die Menge des Inhalts für den Benutzer zumindest ungefähr erkennbar zu gestalten. Doch das Volumen der Gefäße ist das Maß, das bislang den Aktivitäten der Archäologen häufig entgeht. Das liegt sicherlich in erster Linie an dem zerscherbten Zustand der meisten Keramik, denn sofern die Gefäße vollständig erhalten vorliegen, wird oft durch empirisches Messen mit Wasser oder Sand die Menge des Inhalts ermittelt, vermutlich aber auch an den rechnerischen Schwierigkeiten, die die Aufgabe bislang bot³.

Bei der Bearbeitung der Keramik aus dem Grab des Semerchet in Umm el-Qa'ab/Abydos ergab sich dieses Problem auch, obwohl Grabkeramik in der Regel wesentlich besser erhalten vorliegt als entsprechendes Material aus Siedlungsgrabungen. Während der ägyptischen Frühzeit bestand ein Großteil der Grabbeigaben noch aus Naturalien, d.h. es wurden tatsächlich große Mengen z.B. an Wein und Bier beigegeben⁴, die in unterschiedlichen Gefäßen aufbewahrt wurden. Angesichts der bereits erkennbaren großen Zahl von Keramikgefäßen allein in diesem Grab wäre es nun durchaus interessant, die Gesamtmenge an Beigaben rechnerisch zu rekonstruieren, auch wenn es sich bei dem Ergebnis nur um einen Näherungswert handeln würde.

Aufgabenstellung

Daher bestand die Aufgabe darin, eine Formel zu finden, mit der das Volumen von ovoïden Gefäßen berechnet werden kann (Abb. 1-3), auch wenn nicht mehr als ein Profil erhalten ist und das Volumen daher nicht mehr durch Füllen ermittelt werden kann. Das Ergebnis stellt zwar nur das *ungefähre* Fassungsvermögen dar, doch erlaubt dies wenigstens eine bessere Vorstellung des ehemaligen Volumens. Die Abweichungen beruhen vor allem auf drei Punkten:

1. In den meisten Fällen ist nicht bekannt, wie hoch die Gefäße gefüllt waren. Nur selten sind Inhaltsreste vorhanden oder markieren Krusten die ehemalige Füllhöhe.

² E. Christiana Köhler, *Archäologie und Ethnographie. Eine Fallstudie der prädynastischen und frühzeitlichen Töpfereiproduktion von Tell el-Fara'in – Buto*, in: *CCE* 4, 1996, S. 133-143.

³ Z.B. Tanja Pommerening, *Die altägyptischen Hohlmaße, SAK Beiheft* 10, Hamburg 2005, S. 7.

⁴ Den Umfang, den die Ausstattung bereits eines vergleichsweise „kleinen“ Grabes der Frühzeit annehmen konnte, verdeutlicht der Blick über die geborgenen Gefäße bei Walter B. Emery, *A Funerary Repast in an Egyptian Tomb of the Archaic Period*, Leiden 1962, Pl. 2.

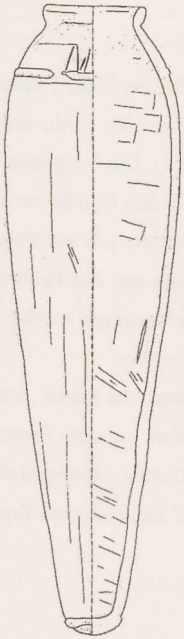


Abb. 1: Weinkrug Q-KK/14
aus dem Grab des Qa'a
(aus: Engel, Qa'a, S. 133,
Abb. 75.1)

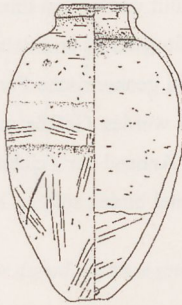


Abb. 2: ovoides Gefäß Q-O/15
aus dem Grab des Qa'a
(aus: Engel, Qa'a, S. 209,
Abb. 115.5)

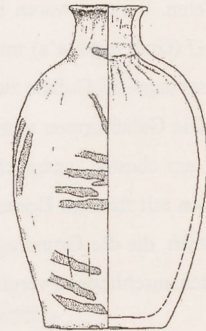


Abb. 3: flachbodiges Gefäß
U-j7/34 aus Grab U-j
(aus: Hartung, Importkeramik,
Taf. 12.70)

(Alle drei Abbildungen ohne Maßstab.)

2. Die Gefäße sind handgefertigt. Kaum ein Gefäß hat exakt die gleichen Maße wie ein zweites, und oft gibt es Unreinheiten oder Blasen im Ton, die die Wandstärke nur auf der einen Seite des Gefäßes beeinflussen, aber nicht unbedingt ihren Niederschlag in der Zeichnung finden. Manche vollständig erhaltenen Gefäße enthalten Überreste eines Nilschlammaustrichs oder ähnliches, wodurch das Fassungsvermögen verändern sein kann und das empirische Messen der Füllmenge beeinflusst.

3. Die nachträgliche Berechnung der Volumina beruht auf Zeichnungen und/oder Maßangaben, die nicht immer überprüft werden können. Die Genauigkeit der Berechnung hängt dementsprechend von der Genauigkeit und dem Maßstab der zu Grunde liegenden Zeichnung ab.

Lösungsansatz

Die Aufgabe war also das Erstellen einer allgemeingültigen Formel für die in der Frühzeit am häufigsten auftretenden Gefäßformen. Diese haben in der Regel eine ovoide Form, meist mit spitzem bzw. rundem Boden (Abb. 1-2), seltener mit flachem (Abb. 3). Die Vorgehensweise war folgende: Aus dem Grab des Semerchet standen im Frühjahr 2008 drei Gefäße zur Verfügung, die vollständig genug aus Scherben rekonstruiert werden konnten, um ein Füllen zu riskieren. Weitere waren bereits bei den Untersuchungen der Keramik aus den Gräbern U-j und Q (Grab des Qa'a) mit Sand gefüllt und so von ihrem Inhalt her bestimmt worden⁵. Insgesamt lagen 83 Gefäße zur Überprüfung der zu ermittelnden Formel(n) vor.

Die Gefäßformen wurden dann in geometrische Formen umgesetzt, die ihrem „Innenleben“ am ehesten entsprechen. Dabei wurden Gefäße mit spitzem bzw. rundem Boden von solchen mit flachem Boden getrennt. Anhand der Zeichnungen der Gefäße wurden Maße genommen, die die Grundlage der Formel bilden sollten. Messung und rechnerisches Ergebnis wurden anschließend verglichen.

1. Gefäße mit spitzem Boden

Der Körper eines spitzbodigen Gefäßes setzt sich zusammen aus einer Halbkugel, einem Kegelstumpf und einem Kegel (Abb. 4). Der angestrebten Einfachheit halber soll es bei diesen drei Teilen bleiben. Dadurch ergibt sich folgende Formel für spitzbodige Gefäße:

$$V = \frac{\pi}{12} \cdot (2R)^3 + \left(\frac{h/2 + \pi}{3} \right) \cdot (R^2 + R \cdot r + r^2) + \frac{\pi \cdot r^2 \cdot h/2}{3}$$

Die Formel wurde an sechs ovoiden Gefäßen und einem sog. Weinkrug überprüft. Aus dem Grab des Qa'a wurden die ovoiden Gefäße Q-O/22, Q-O3/12, Q-O/15 (Abb. 2) und Q-S3/9 untersucht⁶. Die ovoiden Gefäße U-ZO/13 und U-ZO/5 sowie der Weinkrug U-ZO/10 aus dem Grab des Semerchet konnten gemessen und berechnet werden, sind bisher aber noch nicht publiziert. Die Abweichungen zwischen gemessenen und errechneten Volumina schwanken dabei zwischen 1% und 15%, zumeist aber zwischen 3% und 6% (Abb. 5).

⁵ Ulrich Hartung, *Umm el-Qaab II. Importkeramik aus dem Friedhof U in Abydos und die Beziehungen Ägyptens zu Vorderasien im 4. Jhd. v. Chr.*, AV 92, Mainz 2001; Eva-Maria Engel, *Das Grab des Qa'a. Architektur und Inventar*, Diss. Göttingen 1997/microfiche 1998.

⁶ Vgl. die Abbildungen in: Engel, *Qa'a*, S. 187, Abb. 103.6, 190, Abb. 105.1, 209, Abb. 115.5, 213, Abb. 117.3.

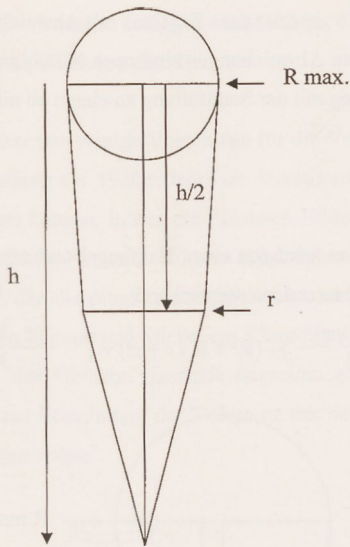


Abb. 4: Schema der Aufteilung eines spitzbodigen Gefäßes.

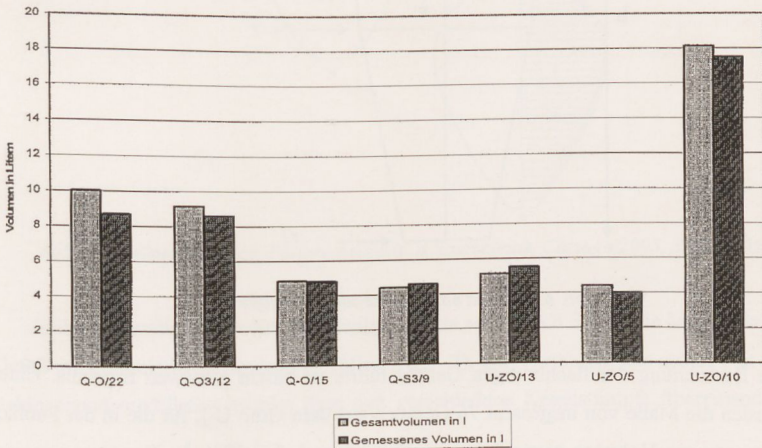


Abb. 5: Vergleich des berechneten und gemessenen Volumens an den acht Versuchsgefäßen.

Die Formel hat also ein relativ zuverlässiges Ergebnis mit Abweichungen bis zu einem halben Liter zur Lösung. Bei größeren Abweichungen sind noch Nilschlammklumpen im Gefäß, wodurch die tatsächliche Messung mit der Sandfüllung zu einem zu niedrigen Ergebnis kommt⁷.

2. Gefäße mit flachem Boden

Das Gefäß mit flachem Boden wird aus einer Halbkugel und zwei Kegelstümpfen gebildet (Abb. 6). Die Formel hierfür lautet dementsprechend:

$$V = \frac{\pi}{12} \cdot (2R)^3 + \left(\frac{h/2 \cdot \pi}{3} \right) \cdot (R^2 + R \cdot r + r^2) + \left(\frac{\pi \cdot h/2}{3} \right) \cdot (r^2 + r \cdot r_2 + r_2^2).$$

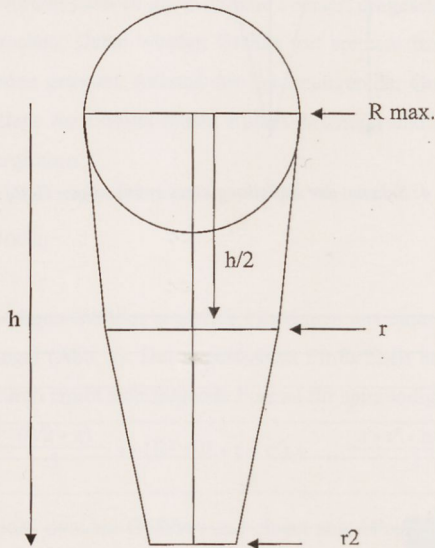


Abb. 6: Schema eines flachbodigen Gefäßes.

Auch die Berechnung der flachbodigen Gefäße führte zu einem positiven Ergebnis. Untersucht wurden die Maße von insgesamt 76 Gefäßen aus dem Grab U-j, für die in der Publikation das gemessene Volumen angegeben war. Davon wurde bei 57% der Berechnungen eine Abweichung unter 500 ml erzielt, was bei einem durchschnittlichen Volumen von 8 l eben-

⁷ So bei Q-O/22.

falls eine Differenz unter 6% darstellt; lediglich acht Gefäße, die aber auch außergewöhnlich unregelmäßig geformt waren, fielen aus dem Rahmen.

In der Literatur waren bisher nur wenige Vorschläge für die Volumenbestimmung zu finden: Nordström entwickelte Anfang der 1970er Jahre ein Verfahren, die Volumina unterschiedlicher Gefäße vergleichen zu können, indem die Eckdaten Höhe und maximaler Durchmesser ein Rechteck bilden. Die dieses Rechteck teilende Diagonale ergibt den als Vergleichsgröße angesetzten Wert z in cm^8 , der allerdings keine Angabe zum tatsächlichen Inhalt darstellt.

Gleichzeitig wurde von Ericson und Stickel ein Klassifikationssystem für Keramik entwickelt, das von einfachen, den Gefäßen zugrunde liegenden geometrischen Formen ausging und jeweils die Formeln zur Berechnung der Volumina der den einzelnen Formen zugrunde liegenden abstrakten Formen angab⁹.

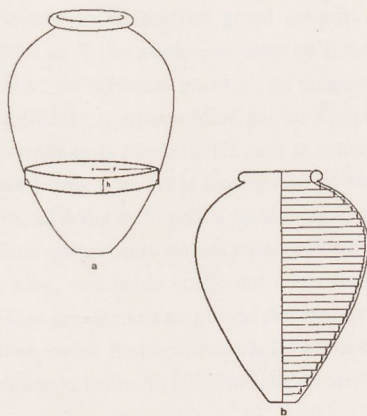


Abb. 7: Prudence M. Rice, *Pottery Analysis. A Sourcebook*, Chicago 2005, S. 222, Fig. 7.8.

In ihrem Handbuch zur Keramikanalyse stellte schließlich Rice¹⁰ die Möglichkeit vor, ein Gefäß mit zahlreichen Zylindern zu füllen (Abb. 7), ein Verfahren, das später von Thalmann dahingehend modifiziert wurde, dass nun verschiedene Kegelstümpfe übereinander „gesta-

⁸ Hans-Åke Nordström, *Neolithic and A-Group sites, The Scandinavian Joint Expedition to Sudanese Nubia Publications* 3:1, Uppsala 1972, S. 78-79.

⁹ Jonathan E. Ericson/E. Gary Stickel, *A proposed classification system for ceramics*, in: *World Archaeology* 4, 1972, S. 357-367.

¹⁰ Prudence M. Rice, *Pottery Analysis. A Sourcebook*, Chicago 2005, S. 221-222.

pelte“ wurden¹¹. Dadurch passt sich die gemessene geometrische Form zwar relativ genau dem Innenraum des Gefäßes an, doch ist diese Methode wesentlich zeitaufwändiger als die hier vorgestellte, da sehr viele Maße erforderlich sind, – weswegen Thalmann kürzlich auf ein von ihm entwickeltes Computerprogramm verwies, das den Umgang mit der entsprechenden Formel erleichtert¹². Auch hier greifen jedoch die oben genannten generellen Faktoren, die eine Berechnung unsicher gestalten.

Es kann also festgehalten werden, dass die hier vorgestellte Methode im Vergleich zu den bislang vorgeschlagenen Lösungen wenig zeitaufwändig, aber dennoch unter den gegebenen Rahmenbedingungen genau genug ist und daher durchaus ein praktikables Hilfsmittel darstellt, das bisher vernachlässigte Volumen unterschiedlicher Gefäßformen mittels vier bzw. fünf Maßen zu errechnen.

¹¹ Jean-Paul Thalmann, *Transporter et conserver: jarres de l'âge du Bronze à Tell Arqa*, in: *Archaeology and History in Lebanon* 18, 2003, S. 25-37.

¹² Jean-Paul Thalmann, *A Seldom Used Parameter in Pottery Studies: the Capacity of Pottery Vessels*, in: Manfred Bietak/Ernst Czerny (Hrsg.), *The Synchronisation of Civilisations in the Eastern Mediterranean in the Second Millennium B.C. III*, Österreichische Akademie der Wissenschaften. Denkschriften der Gesamtkademie XXXVII, Wien 2007, S. 431-438.